



Heidelberger Texte zur Mathematikgeschichte

Autor: **Plücker, Julius** (1801–1868)

Titel: **Commentatio de crystallorum et gazorum
conditione magnetica qualis hodie intelli-
gitur**

Bonn, Programm zur Gedächtnisfeier für Friedrich Wilhelm III. am
3. August 1854. 34 S.
Signatur UB Heidelberg: 38.481

COMMENTATIO

DE

**CRYSTALLORVM ET GAZORVM
CONDITIONE MAGNETICA**

QVALIS HODIE INTELLIGITVR.

SCRIPSIT

IVLIVS PLVECKER.

Quum ante hos quinque annos mihi Ordinis Philosophorum Decani muneris fungenti officium impositum esset, ut dissertatione ad solennitatem, qua quotannis die tertio mensis Augusti Sere-
nissimi almae Rhenanae Conditoris sacra memoria celebratur, in-
vitarem, scribendi occasione ita usus sum, ut phaenomena a me
in doctrina Magnetismi inventa succincte exponerem. Dissertatio
latius, quam fieri solet, ideo divulgata est, quod integram eam et
illustrissimus Zantedeschi Annalibus a se Patavii editis inseruit et
Arago, quem praematura morte nobis ereptum valde lugemus,
francogallice, quamquam non ubique accurate, vertendam atque
in *Annales de Chimie et Physique* recipiendam curavit. Forte
evenit, ut idem officium inter quinque Ordinum Decanos alter-
nans hoc ipso anno ad me rediret. Itaque haud alienum putavi,
si ea, quae de inventis biennii praecedentis in priore dissertatione
scribere incepi, in annos quinque sequentes producerem. E variis
autem argumentis duo tantum tractare constitui: 1. Conditionem
magneticam crystallorum ad systema tesserale non pertinentium,
2. Magnetismum corporum aëriiformium. Quae ad prius argu-
mentum spectant, experimenta novitate sua conspicua primus pro-
tuli et phaenomena illa, tum secundum naturam crystallorum, aut
paramagneticam aut diamagneticam, tum secundum formam mirum
quantum inter se diversa, simplicissima proposita hypothese expli-

cui, explicationem calculo firmavi. Altero autem argumento, cuius origo a venerando Bancalari petenda est, quum maius fortasse scientiae naturali incrementum afferri videretur, equidem ad id promovendum omnes vires intendi. Ceterum utramque rem tum, quum mihi scribendi occasio olim oblata fuit, nimis occultam, ita pertractavi, ut, et quid in ea illustranda singuli naturae scrutatores praestiterint, et qualis sit hodie quaestionis conditio, dilucide appareret. Fieri autem non potuit, quin tot et tam variis phaenomenis sensim atque pedetentim prodeuntibus, multa eorum, quae anno 1849 conscripsi, aut omnino reiicienda essent aut alia explicandi via stabilienda.

De conditione magnetica crystallorum.

1. Ineunte anno 1847 inter primos experimenta repetivi, quibus nisus illustrissimus Faraday anno praecedente corpora paramagnetica et diamagnetica ratione certa et definita primus distinxerat simulque demonstraverat, conditionem magneticam corporum, longe generaliore, ne dicam universalem, esse, quam huc usque quicquam suspexisset. Tum accidit, ut certa corpora (particulas carbonis, corticis arboreae) paramagnetica invenirem, quae die praecedente diamagnetica sese praebuissent et vice versa. Talis anomaliae causas perquirenti mihi inter alias haec quaestio occurrit, num structura corporum hisce in phaenomenis alicuius momenti esset. Quam quaestionem si affirmas, laminae secundum diversas directiones e crystallo esectae modo diverso a magnete sollicitentur, necesse est. Elegi igitur Turmalinum, forma quadrata, qualem ad lumen polarisandum adhibere solebamus. Inter polos magneticos ita suspensa, ut libere oscillare posset, prout axis crystallographicus principalis aut horizontalis aut verticalis erat, aut polos fugiebat, quasi esset diamagnetica, aut, ut exspectabatur secundum naturam eius paramagneticam, in lineam polos coniungentem dirigebatur.

Dubitari non potuit, quin lamina, cum esset valde paramagnetica, etiam primo casu, ubi axis erat horizontalis, polis satis approximatis, directionem peteret axialem, sicut altero casu evenerat. Hoc modo edoctus, crystalli directionem ex polorum distantia pendere, simulque carbonis experimentum recordans, eodem die primus observavi, carbonis fragmentum axialem situm tenere, si poli alter ab altero removentur, aut si fragmentum ab illis removetur, aequatorialem vero directionem, si poli alter alteri admoventur, aut si fragmentum iis approximatur; tum animadverti, e contrario Turmalinum meam, si axis horizontalis est, polis remotis, aequatorialem, polis propinquis, axialem directionem petere. Deinde inveni, laminam e Spatho calcario esectam, qualis in lumine polarisato annulos coloratos exhibet, ita suspensam, ut axem haberet horizontalem, eodem modo ac carbonis fragmentum, contrario igitur ac Turmalinum, dirigi. Hodie constat, quod ab initio persuasum habui et declaravi, ambas phaenomenorum series, in carbone et in crystallis observatas, omnino diversae esse naturae; nimirum in carbone et in corporibus simili modo compositis attractionem substantiarum paramagneticarum cum repulsione substantiarum diamagneticarum, quae in illis sunt mixtae, pugnare; quod autem ad crystallos spectat, Turmalinum paramagneticam non ideo polos fugere, quod eius particulae repellantur, nec Spathum calcarium diamagneticum ideo polos petere, quod particulae adtrahantur. Sed pergamus exponere, quomodo quaestio, quum theoreticis rationibus tum experimentis institutis, sensim promota sit.

2. Ut crystallos ad systema tesserale pertinentes, si proprietates opticas spectas, nullo modo de corporibus non crystallisatis distinguere neque in iis refractionem duplicem observare potes, ita etiam iidem illi crystalli nulla peculiaria phaenomena magnetica praebent. Hisce igitur crystallis omissis, ad eos primum me convertito, quibus unicus axis crystallographicus, unicus axis opticus est. Omnia phaenomena hucusque descripta una eademque

percipiendi ratione complecti possumus, ita scilicet, ut primo loco carbo noster poli magnetici inductione exerceatur tam paramagnetica quam diamagnetica, quarum haec, distantia mutata, rapidius accrescit et decrescit; secundo loco in crystallis axis propria quadam vi propellatur, quae ad inductionem notam materiae aut paramagneticam aut diamagneticam accedit et, distantia aucta, inductionem superat.

3. Quod ad corpora non crystallisata pertinet, iam ab initio, Ferrum cum Bismutho miscendo, perspicuum feci, in illis substantias paramagneticas et diamagneticas tali ratione esse coniunctas, ut ambae inductiones ponderibus suis librentur. Quo facto, pro maiore aut minore polorum distantia, aut attractionem paramagneticam aut repulsionem diamagneticam invenies. Haec res tam gravis mihi visa est, ut affirmare non auderem, conditionem magneticam qualis huc usque observata esset, cum conditione diamagnetica, nuperrime ab illustrissimo Faraday detecta, congruere et hancce solam esse differentiam, quod duae illae conditiones e contrario inducendi modo evadant (II). Nondum videlicet experimenta docuerant, corpora diamagnetice inducta polis esse praedita. Quod quum paulo post illustrissimorum Reich, Weber, Poggendorff nec non meis experimentis demonstratum esset, eo magis intelligendi ratio, in extrema paragrapho praecedente exposita, mira mihi videbatur. Quaestionem igitur denuo aggresso contigit mihi, ut probarem, polorum distantiam eatenus ponderandam esse, quatenus intensitas inductionis a polis emanantis ex illa ita pendeat, ut corpora, de quibus agatur, pro sola intensitate magnetis aut repellantur aut adtrahantur; unde sequitur, miscendo corpus effici non posse, quod omnino magnete non sollicitetur (VI).

4. Prior noster percipiendi modus integer remanebat, legi autem generaliiori subiiciendus erat. Quae quidem lex tum temporis eius viri assensu, qui hisce in inquisitionibus eminet, non gaudebat; ag-

gressi sunt meam sententiam clarissimus E. Becquerel et praecipue qui saepius eam non recte interpretatus est, Tyndall. Hodie nullo modo eam impugnari posse existimo. Iam exeunte anno 1849 ad eam rectius constituendam experimento probari, inductionem Chalybis indurati a polo magnetico proveniente rapidius augeri quam Ferri, ideoque Chalybem et Bismuthum hac in re pari modo se habere, si cum Ferro eos compares. Recentissime vero sententiam meam iis experimentis confirmavi et amplificavi, quae ad perquirendum magnetismum variarum substantiarum instituimus. Quae substantiae sunt: Nicolum, Cobaltum, Ferrum, Oxydum ferri, Oxydum nicoli, Bismuthum, Phosphorus, Oxygenium, Hydras cobalti oxydati. Ad dissertationem ipsam lectorem remittens, ea tantum hic proferre satis habeo, quae ad propositum nostrum spectant. Magnetismus inductione paramagnetica aut diamagnetica in aliqua substantia provocatus, intensitate poli magnetici aucta, magis magisque saturationis cuidam conditioni adpropinquat, in singulis substantiis valde diversa ratione accrescens. Omnia pendent e duobus numeris constantibus, quorum alterum inductionis, alterum resistantiae constantem appellavi. Quo minor hic est, eo rapidiore ratione magnetismus, inductione provocatus, augetur. Substantiae supra memoratae hoc ordine enumeratae sunt, ut corporis praecedentis constans resistantiae eundem numerum sequentis superet. Unde apparet, Bismuthum et Phosphorum, solos diamagneticos, aucta polorum vi, rapidius induci, quam Ferrum et plurimas substantias paramagneticas, lentius vero quam Oxygenium et Hydratem cobalti oxydati, qui et ipsi paramagnetici sint. Ita lex, quam supra enuntiavi, dum extenditur, certis simul finibus circumscribitur. (XX).

5. Ad crystallos uniaxēs redeamus. Opus erat, lege empirica varia eorum phaenomena complecti; qualem supra indicatam legem proposui, secundum quam totam actionem crystallum exercentem, e duabus partibus constare fingimus, quarum altera

eadem est, ac si crystallus in omnes directiones aequa inductione, sicut materia non crystallisata, praeditus esset, altera autem efficit, ut axis dirigatur. Tacite quidem tales vires secum pugnantes crystallum exercere finxi; quod ut facerem phaenomena paragrapho praecedente explicata me compulerunt. Nusquam vero hanc sententiam, quam mihi tribuere non veriti sunt, revera meam esse declaravi, neque mihi in mentem venire potuit, illa decompositione prorsus imaginaria novae actionis magneticae phaenomena explicare, multumque abfuit, ut lineam idealem magnete sollicitari ponerem. Noli omittere, eo tempore, quo primum de crystallorum phaenomenis explicandis agebatur, diamagnetismi naturam magis quam hodie occultam fuisse.

Forte accidit, ut in omnibus a me perquisitis crystallis axis repulsionem observarem, nulla ratione paramagneticae aut diamagneticae conditionis ipsius substantiae habita. Porro, quum Quarzii etiam crystallus, qui fortuito Ferrum continebat, directionem aequatorialem peteret, eo adductus sum, ut statuerem, axem opticum in crystallis cum positivis tum negativis, repelli (I).

6. Hac ratione crystallorum nova conditio sese obtulera quum illustrissimus Faraday invenit, certas substantias crystallinas, insigni fissilitate praeditas, polis apte remotis, ita dirigi, quasi linea, fissilitatis plano perpendicularis, polis adtraheretur. Hoc phaenomenon cum eo congruit, quod antea observare mihi non contigit, quum perscrutabar, num crystalli positivi contrario modo ac negativi magnete dirigerentur. Accessit, ut planum fissilitatis in crystallis uniaxibus illustrissimi Faraday (Bismuthum, Stibium, Arsenium) perpendiculare sit axi crystallographico principali. Itaque non amplius dubitare potui, quin phaenomena a Faraday detecta cum iis, quae ipse inveni, una eademque lege regerentur, ita ut exempli causa Bismuthum, si cum Spatho calcario comparetur, crystallis positivis sit adnumerandum (IX). Quae sententia in Bis-

mutho quidem, opacitatis causa, experimento comprobari non poterat, sed quaerenti mihi mox alii pellucidi crystalli, fissilitate carentes (Glacies, Zirconum) occurrebant, quarum axes attrahebantur^{*)}.

Haec erat quaestionis conditio, quum auctumno anni 1849 primus conatus sum, novorum phaenomenorum theoriae mathematicae fundamenta iacere. Hunc ad finem mihi operae visum erat perquirere, num crystallus paramagneticus, in formam cubi redactus polis magnetis vario vigore attraheretur, prout hoc aut illud cubi latus illis imponeretur. Adhibito cubo e crystallo pulchro sulfatis ferrici (cuius memoratu dignam conditionem magneticam postea (21) explicabimus) esecto, pondera, quibus ad eum detrahendum opus erat, decima tantum parte inter se differre inveni, quam parvulam differentiam ad explicanda phaenomena non sufficere, existimavi; sed falso. Quaestionem a me propositam clarissimus Tyndall anno 1851 experimentis accurate et subtiliter institutis ad finem perduxit demonstravitque, quod ego initio eruere conatus eram, postea autem dereliqueram. Hinc evenerat, ut in libello, quem ante hos quinque annos conscripsi, hisce verbis usus, disquisitioni finem imponerem: „Quo modo enim phaenomena explicare vis? Non displiceret nobis ponere, in aethere gyros Ampereicos, inductione una aut altera directione circum axes facilius et validiores nasci, aut quod idem est, crystallum inductione magneticum factum, polos secundum axium opticorum directionem adipisci: nisi haec nova videndi ratio etiam attractionem aut repulsionem massae posceret solo axium situ mutata. Quae actio diversa non observatur (p. 22).“

^{*)} In commentatione sua Faraday etiam Sulfatis ferrici et nicolici mentionem facit. Quod ad illud pertinet, ipso animadvertit, eum non semper exacte secundum legem a se prolatam dirigi. Quam rem inde explicui, quod axis unicus polis attractus non plano fissilitatis perpendicularis sit, sed cum eo angulum 17° formet (19, 21). Sulfatem vero nicolicum, qui temperatura ordinaria crystallos uniaxiales non praebet, examinare mihi non licebat. Postea eum negativum inveni et probavi, ipsius axem, qui idem est opticus et magneticus, polis adtrahi.

8. Paulo post persuasum mihi erat, repulsionem, qua particulae Turmalini in prima nostra observatione magnete agi videntur, revera non existere; ita ut, si phaenomenon explicare velis, demonstres oporteat certis suspensionis conditionibus Ferri prisma polos fugere, Bismuthi eos adire, utroque prismate magnetice inducto. Exempla statim sese obtulerunt. Acum scilicet magneticam, in plano horizontali ita suspensam, ut in eo circa punctum fixum libere moveatur, dum directionem petit meridiano magnetico perpendicularem, fugere videre potes polum terrestrem, quo exerceatur. Quod ut observes, sufficit pro fixo illo puncto quodvis punctum sumere, dummodo non in ipsa acu situm sit. Acus pari modo, sed minus valide dirigeretur, si conditio magnetica non ei propria esset, sed deberetur inductioni poli magnetici terrestris.

9. Quibus praemissis sumsi, in particulis crystalli, dum magnetice inducatur, polos certam in directionem e sola structura crystalli pendente, provocari. In crystallis uniaxibus, de quibus huc usque actum est, directio illa aut axi optico perpendicularis sit, aut cum eo congruat, necesse est.

Illo posito, finxi lineam in media parte suspensam, libere in plano horizontali vibrantem, cui perpendiculariter parvulae acus magneticae mediis in partibus sunt affixae. Quodsi talis linea polo magnetico, qui certum quendam locum tenet, sollicitatur, calculi ope deducere potes, quantum actio, quam singula puncta subeunt, ad rotandam lineam valeat. Sic invenies, inter illa puncta, quaecunque lineae vibrantis sit positio, tria semper existere, quae polo ita afficiantur, ut nulla lineae rotatio inde prodeat. Haec tria puncta lineam, quam in indefinitum prolongatam fingere licet, in segmenta quattuor dividunt. Actio, quae singula eiusdem segmenti puncta exercentur, lineam in eandem directionem propellit, quae tamen directio, si ab uno segmento ad alterum procedis, intervertitur. Si lineam rectam, sese circumvolventem, in omnibus eius positionibus considerabis, pro loco geo-

metrico illorum punctorum neutralium, quae, polo inducente, ad lineam rotandam non faciunt, curvam invenies tertii ordinis. Axis coordinatarum rectangulis (OX, OY) adhibitis, in centro revolutionis (O) sese secantibus, quorum alter polum (P) contineat, ad curvam illam exprimendam haecce prodit aequatio:

$$y^2 = - \frac{x(x-c)^2}{x-3c};$$

c denotante distantiam OP. Unde deducitur, curvae, per centrum O transeunti, punctum esse duplex in polo P situm et praeterea asymptotam, lineae OP perpendicularem, cuius distantia a centro triplo maior sit, quam poli (XIII).

10. Potes, quod hic longum est exponere, ex iis, quae praecedunt completam problematis solvendi methodum petere. Etenim si phaenomena spectas, quae Turmalini prisma inter polos horizontaliter suspensum praebet, duas illas actiones, quae crystallum pro polorum distantia in unam alteramve directionem propellunt, eo explicari potest, quod quaeque particula magnetica duabus viribus sollicitetur, altera adtrahente, altera repellente. Quarum virium e polo emanantium prior quidem alteram superat, ita ut particula semper adtrahatur; si autem ambas secundum directionem lineae vibranti perpendicularem decomponis, e positione huiusce lineae et particulae magneticae in illa pendet, utrum, si vires decompositas respicis, prior alteram superet, an ab ea superetur; unde rotationis inversionem deduces.

11. Etiam si hac rei explicandae ratione aliquid contribuisse mihi videor ad phaenomenorum novorum ipsam naturam et indolem cognoscendam, nihil tamen ad hypothesin nostram confirmandam attuli. Eo consilio explicandum esset, qualis conditio et distantia particularum illarum crystalli, quae et ipsae poli inductione magnetes factae sint, esse deberent, ut particulae secundum certam illam directionem polos adipiscerentur. Hoc autem eveniret, si forma particularum talis esset, ut secundum illam directionem earum dimensio

praevaleret, aut, si particulae ex atomis constarent, quae secundum illam directionem arctius collocatae essent.

Tum temporis etiam crystallos paramagneticos ita imitatus sum, ut fragmenta fili ferrei in bacillum (cuius materia talis erat, ut a magnete non admodum afficeretur) certas in directiones perforatum insererem. Bacillum cylindricum e cupro factum, cuius foramina veluti radii ab axe ad circumferentiam erant directa, plane ita sese habuit, quemadmodum de turmalini crystallis scripsimus. Eodem modo etiam omnia alia phaenomena, quae in crystallis observavi, imitari potes; quo consilio, si crystallus diamagneticus est, fragmentorum ferreorum loco bismuthea tibi adhibenda sunt.

12. Ineunte anno sequente clarissimi Knoblauch et Tyndall, qui meam explicandi rationem Societati Harlemensi oblatam ignorabant, alteram notatu dignam proposuerunt. Tyndall eam longius persequutus est et experimentis eleganter institutis effecit, ut praesertim in patria sua magno favore reciperetur. Liceat mihi uno tantum exemplo eam exponere. Ille laminam e Bismutho non crystallisato confectam, postquam eam compresserat, eodem modo inter polos suspendebat, ac illustrissimus Faraday crystallum Bismuthi fissilitatis planis limitatum, et ego crystallum Spathi calcarii suspenderamus. Directiones laminae compressae et Spathi calcarii congruebant et oppositae erant directioni laminae crystallisatae. Hinc deducitur, phaenomena crystallorum eo nasci, quod crystallis secundum diversas directiones diversa sit densitas. Quodsi res ita se habet, Spatho calcario secundum axem principalem maximam densitatem, Bismuthi rhomboedro minimam adscribas necesse est. Infirmitati non potes hac suppositione phaenomena explicari, quod idem nostra ratione eo fit, ut supponamus, particulas Spathi calcarii inductione diamagnetica polaritatem axi parallelam, particulas Bismuthi crystallisati axi perpendicularem adipisci.

13. Nunquam mihi in mentem venit, phaenomena, quibus a

clarissimis Knoblauch et Tyndall magnetismi scientia aucta est, negare. Cur ea non probarem, quum ipse iam antea observationem communicassem, qua demonstratur cylindrum vitreum, subito refrigeratum et inter polos suspensum, simili modo ac crystallum sese habere (VI). Propter experimenti autem difficultatem destitutum, mechanica vi compressum, inter polos examinare. Alia vero est quaestio, num phaenomena, a me et ab illustrissimo Faraday detecta, hac ratione explicari possint. Si luminis analogiam retinere vis, neque omnino crystallum vitro compresso effici posse omittis, explicationem e novis phaenomenis petitam ad illa restringendam esse putabis, quae tali vitro respondeant.

14. Si quaeritur, qui sit nexus inter clarissimi Tyndall rationem et meam, utrum una alteram excludat an confirmet, nihil responderi potest, nisi certam et definitam hypothesin accipias, qua natura magnetismi et conditio particularum crystallorum constituentium explicetur. Nullo modo quidem dubitari licet, quin corpus e particulis compositum, quae certa directione densius collocatae sunt, secundum hanc directionem validius polo adtrahatur, si paramagneticum, validius repellatur, si diamagneticum est. Quae autem sunt hae particulae? Certe in comprimendo corpore atomi, simplices aut compositae, non sunt quae invicem approximantur. An statuere vis, ipsas atomos, quasi magnetes elementares, magnetis inductione fieri? Haud supervacaneum videtur hac de re animadvertere, theoriam luminis magnam atomorum distantiam pro earum dimensione postulare. Sin autem actionem more usitato ad calculos vocare vis, qua particula exterior magnete sollicitatur, magnetes elementares fere inter se contingere fingas necesse est, ut re vera notabilis evadat actionis intensitas.

Procul dubio igitur nemo erit, qui neget, theoriam huc usque ad eruendam crystallorum phaenomenorum ultimam causam et

rationem paulum profecisse. Neque tamen quisquam haec phaenomena et ea, quae a corporibus mixtis, non crystallatis, exhibentur, cum clarissimo Tyndall in unum confundet eodemque modo explicabit.

15. Utraque theoria, et clarissimi Tyndall et nostra, postulat, ut directio crystalli inducti intervertatur, omnia vero cetera phaenomena non mutantur, si crystalli natura paramagnetica in diamagneticam abit, aut vice versa, dummodo conditio et mutua distantia particularum non varietur. Sed quaedam observationes obstare videbantur. Accessit difficillima quaestio, quatenus optica crystallorum conditio et magnetica sint connexae; num fortasse crystalli positivi et negativi contrario modo magnete sollicitentur. Quam ad quaestionem discutiendam mox coactus sum axes principales inductionis ponere, quos axes magneticos nominavi. Axes magnetici in crystallis uniaxibus cum opticis congruunt.

Quum singulae observationes interdum inter se discreparent, ita ut varias interpretationes admitterent, operae pretium duxi, ad experimenta redire et una cum Beer, viro amicissimo, conditionem corporum et magneticam et opticam et crystallographicam eodem tempore summa cum diligentia perquirere (XIV, XV). Quamquam duae observationum series huc usque sunt communicatae, nihilominus tamen eas multiplicandas esse censeo, ut res ad finem perducere possit. Interea iam proferam sequentes conclusiones ad crystallos uniaxiales pertinentes.

16. Spatho calcario isomorpha sunt corpora haec: Natrum nitricum, Magnesia carbonica, quibus ut illi refractio est negativa, et Spathum ferricum opacum. Spathum calcarium et Natrum nitricum valde diamagnetica sunt, Spathum ferricum est valde paramagneticum et Magnesia carbonica nostra, ob ferrum — sine dubio sub forma Spathi ferrici — immixtum, uti hoc, paramagnetica est. Axis crystalli utriusque paramagnetici polis adtrahitur, axis utriusque diamagnetici repellitur. Porro axis Glaciei:

diamagneticae, cuius refractio est positiva, magnete adtrahitur, quam adtractionem de immixtis substantiis alienis deducere non licet. Hinc concludas, directionem axis interverti, tum si substantiae natura paramagnetica in diamagneticam transit, tum si crystalli indoles optica transmutatur; ita ut in crystallis diamagneticis et negativis, paramagneticis et positivis invenias repulsionem, attractionem vero in crystallis diamagneticis et positivis, paramagneticis et negativis. Quod quidem re vera et in crystallis supra memoratis, et in Beryllo, Molybdate plumbico, Zircono, Mica uranica aliisque crystallis observatur. At vero tali hypothese contradicit non solum animadversio, quam in extrema parte nostrae commentationis (25) proferemus, verum etiam quod observavimus in Vesuviano, Dioplasio, Turmalino, Acetate cupro-calcico, Sulfate denique nicolico. Omnia haec corpora sunt paramagnetica, quod quidem in quattuor prioribus ferro immixto tribuere liceat, in ultimo autem ipsius natura efficit. Quam caute tibi hisce in rebus procedendum sit, ne immixtae substantiae alienae te in errorem inducant, ex eo intelliges, quod Spathum calcarium, e variis locis petatum, mox diamagneticum, mox paramagneticum sese praebet, et utrobique eius axis modo adtrahitur, modo repellitur; ex eo porro videbis, quod quum experimenta, ab illustrissimo Faraday in Stibio et Arsenio instituta, primo repeterem, illud quidem diamagneticum inveni, ut ipse Faraday, hoc autem paramagneticum; in utroque vero non, quam Faraday repererat, adtractionem, sed potius repulsionem observavi. In hoc et similibus casibus veram naturae legem conditiones abnormes obscurare et occulere videntur. Expectabis quidem sive meam theoriam accipias sive clarissimi Tyndall, distantia et dispositione particularum minimarum iisdem manentibus, fore ut nova crystallum dirigens actio eadem ratione crescat, qua in illis particulis magnetismus specificus augetur. Sed, si anomalias supra prolatas spectas, non miraberis, in corporibus quibusdam crystallisatis, refractionem duplicem praebentibus, novam actionem

magneticam non inveniri. Quod accidit in Quarzio, Arsenate kalico, Ferro-Kalio cyanato flavo, et in sale duplice qui ex hoc et ex Ammoniaco hydrochlorico constat.

17. Relictis crystallis uniaxibus, ad biaxes transeamus, phaenomena praebentes multo magis etiam digna, quae accuratissime observentur et explanentur. Et primo quidem loco eos tractabo, quibus tres axes crystallographici inaequales sibique invicem perpendiculares sunt. Quorum varias formas e prisma rhombico recto derivare licet. Staurolithum elegi exhibentem formam prismatis hexagonalis, non quidem regularis, ut Turmalini, sed e prisma rhombico, desectis aciebus acutis, derivati. Quem quum inter polos horizontaliter suspendissem, multo validius eam dirigi vidi, quam sub iisdem conditionibus Turmalinum. Postero die, quum aliquot familiaribus meis actionem illam ostendere vellem, experimentum eventu caruit. Omni autem dubitatione de valida actione remota, non potui quin huius rei causam detegerem. Actio scilicet, qua Staurolithus, horizontaliter suspensa, polis sollicitatur, e situ pendet, quem prismatis plana diagonalia tenent. Accedit, quod Staurolithus etiam perpendiculariter suspensa dirigitur; quam rem in Turmalino nunquam reperies. Omnia haec et quae in crystallis eiusdem systematis observantur, ita explicui, ut in quavis eorum particula duos axes magneticae inductionis ponerem, qui polis exercerentur; initio quidem tales axes magneticos repelli statui, postea aut repelli aut adtrahi probavi.

18. Quodsi crystallum rhombicum ita suspendis, ut unus e tribus axibus crystallographicis perpendicularis fiat, reliquorum alter directionem aequatorialem, alter axialem petit. In hac procedendi via sex casus distinguendi sunt, in schemate sequente dispositi, quo in schemate litterae α , α , λ denotant axem prismatis, lineam diagonalem minorem, lineam diagonalem maiorem.

Si perpendiculariter suspendis lineam

	α	α	λ		α	α	λ	
	aequatorialem			invenies	axialem			
1	α	α	α		λ	λ	α	
2	λ	α	α		α	λ	α	
3	α	α	α		λ	λ	α	
4	α	λ	α		λ	α	α	
5	λ	λ	α		α	α	α	
6	λ	λ	α		α	α	α	

Ne autem in variis istis casibus observandis fallaris, talis crystalli forma efficienda est, ut eius directio cum illa non congruat, quae e sola natura paramagnetica aut diamagnetica ipsius substantiae evadat.

In unoquoque illorum sex casuum directionem crystalli duplici modo explicare licet, ut aut duos axes ponas, qui repellantur, aut duos axes, qui adtrahantur. Duo axium paria, quae hoc modo obtines, in diversis planis principalibus crystalli sunt sita; duorum parium lineae mediae, quae axium angulos acutos dimidiant, cum axibus crystallographicis diversis congruunt. Quae quum ita sint, numerus variorum casuum fit duplus; quadruplus autem numerus evadit, 24 scilicet, si insuper conditionem crystallorum aut paramagneticam aut diamagneticam respicis.

19. At quomodo distingues, utrum axes adtrahantur an repellantur? Hac de re nullum dubium esse potest, si crystallo unus tantum axis magneticus est, ipsa forma crystallina determinatus. Sin autem axis positionem ignoras, in dato fragmento eum magnetis ope invenire simulque decernere licebit, utrum adtrahatur, an repellatur. Sit, exempli causa, fragmento forma prismatis, cuius axis cum axe magnetico non congruat. Tale fragmentum ita suspensum inter polos, ut horizontaliter oscillare possit, vario modo dirigitur, si, antequam oscillet, plus minusve circa axem suum ho-

rizontalem rotatus sit. Certa vero rotatione facta, prisma ita dirigitur, ut hic axis positionem aut axialem aut aequatorialem teneat. Tum quidem axis magneticus in plano verticali, aut axiali aut aequatoriali situs est, i. e. aut adtrahitur aut repellitur. Si prisma autem angulo $\frac{1}{2}\pi$ rotaveris, ita ut, una cum plano illo, quod modo verticale erat, axis magneticus horizontalis fiat, axis iste eo determinatur, quod sive axialem, sive aequatorialem positionem petit. Quodsi vero prisma non angulo $\frac{1}{2}\pi$, sed angulo quolibet ψ graduum rotaveris, formula sese offert:

$$\tan \phi = \sin \psi \tan \omega,$$

qua, — denotante ω angulum constantem, qui ab axe prismatis et axe magnetico includitur — angulum ϕ obtinebis, quo axis prismatis quovis modo rotati a directione aut axiali aut aequatoriali declinat.

Quae de uniaxibus, crystallis diximus, ad biaxes statim applices, si unico axi duorum axium lineam mediam substituas. Ita inventa in fragmento quolibet talis crystalli linea media, ubi examinavisti, utrum ea polo adtrahatur an repellatur, crystallum ita suspende, ut haec linea perpendicularis fiat. Certam positionem crystallum petere videbis; quo facto, planum axium magneticorum eo definitur, quod cum plano verticali aut aequatoriali aut axiali congruat, prout una cum axibus linea media aut repellatur aut adtrahatur. Utrum angulus axibus inclusus maior an minor sit, prae ceteris etiam ex intensitate qua crystallus ita suspensus dirigitur, concludes. Quo angulo evanescente, crystallus non dirigitur.

20. Quae praecedunt, sufficiunt ad determinandum ex casibus 24 supra enumeratis eum, cui crystallus rhombicus datus adscribendus sit. Num re ipsa omnes hos casus invenias, dubitari potest; forte autem accidit, ut, omissis quatuor crystallis (Topazio, Sulfate et Chromate magnesis, Sulfate Kalico) qui novam actionem perspicue non ostendunt, octo crystalli, quos una cum clarissimo Beer plane examinavi, tolidem casibus inter se diversis re-

spondeant. Habent axes magneticos attractos Staurolithus, Sulfas nicolicus, Plumbo-Kalium cyanatum (postea examinatum) quae sunt corpora paramagnetica, et Sal Seignettei, Sulfas zincicus, qui sunt diamagnetici. Habent autem axes repulsos Ferro-Kalium cyanatum rubrum, quod est paramagneticum, et Acidum citricum, Arragonita, Anhydrita, quae sunt corpora diamagnetica.

Plana et lineae mediae axium, cum magneticorum tum opticorum, congruunt in Acido citrico et Sulfate nicolico; lineae mediae, non plana, congruunt in Arragonita et Ferro-Kalio cyanato; nec lineae mediae nec plana congruunt in quatuor ceteris crystallis a nobis examinatis.

Quantacunque igitur est casuum varietas, nunquam tamen crystallum invenias, cuius axes magnetici non in aliquo trium planorum principalium siti sint, nec lineam mediam habeant cum aliquo axium principalium congruentem. Hac igitur ratione axes magnetici opticis analogi sunt.

21. Sed ad crystallos clinorhombicos nos convertamus. In quo genere notissimum est, axes duos opticos aut in plano symmetriae, quo talis crystallus praeditus est, aut in quodam plano ei perpendiculari sitos esse. Quod idem etiam ita exprimas, ut aliquem trium axium elasticitatis, maximae, mediae, minimae, cum linea plano illi perpendiculari congruere, duos reliquos autem in ipso plano sitos esse dicas. In crystallis accuratius a nobis examinatis invenimus, axes duos magneticos similem positionem ac opticos habere. Variarum autem observationes sese obtulerunt quae hic memorentur, dignissimae.

Duo crystalli, Sulfas ferricus et Acidum succinicum, quibus axes sunt optici inter se perpendiculares, quos hanc ob causam nec positivos nec negativos appellare licet, unum tantum axem magneticum habent. Hic axis unicus congruit, cum axe maximae elasticitatis qui angulum axium opticorum, in plano symmetricae sitorum, dimidiat; in Sulfate ferrico, qui est paramagneticus, ad-

trahitur, in Acido succinico, quod est diamagneticum, repellitur. In Diopsido et in Acetate cuprico, qui sunt positivi et paramagnetici, duo axes optici plano symmetriae continentur: duos etiam axes magneticos invenimus, qui polis repelluntur. In Diopsido duo hi axes ita in plane symmetriae siti sunt, ut linea eorum media cum linea media axium opticorum congruat; in Acetate cuprico autem in basi prismatis rhombici obliqui, quae plano symmetriae perpendicularis est, reperiuntur. Duos etiam crystallos, ambos diamagneticos, accuratissime examinavimus, quorum axes optici plano continentur, quod plano symmetriae perpendicularare est. In Sulfide natrico scilicet, qui crystallus positivus est, planum symmetriae duos axes magneticos continet repulsos. In Borate natrico autem, qui est crystallus negativus, unicus axis magneticus nobis se obtulit, polis attractus atque cum axe minimae elasticitatis congruens. Talis axis an duobus axibus parvulum angulum includentibus par censendus sit, nescio.

22. Restat denique ut de crystallis triclinicis agamus, quorum tres summa cum cura observavimus. Non ignoras, nullam esse certam relationem inter formam eorum crystallinam et axes opticos: nullus etiam nexus inter illam et axes magneticos apparet.

Bichromas kalicus inter omnes crystallos solus est, qui tali modo polis exercetur, ut frustra studuerimus, actionem uno aut duobus axibus suppositis explicare. Quamquam non omnino negamus, explicationem, quam unius aut duorum axium magneticorum ope dedimus, omnem aliam interpretationem non excludi, tamen ex eo, quod modo enarravimus, non festinanter concludendum est, eam hic reiiciendam esse. Etenim si crystallo alicui duo essent axes magnetici, inter se perpendiculares, methodum supra expositam frustra ad eos determinandos applicaremus.

In Sulfate cuprico, quod, etsi summam in eo purgando operam posuimus, semper paramagneticum prodibat, determinavimus duos axes magneticos adtractos: linea media eorum cum uno axium

opticorum congruit, planum, quo continentur, accurate indicatum invenies XV, p. 63.

Cyanites denique omnium omnino crystallorum, si proprietates magneticas spectas, longe notatu dignissimus videtur. E magno numero Cyanitarum valde magneticorum primo loco crystallos simplices elegimus, in quibus axes magneticos qui adtrahuntur, ratione formae crystallinae habita, iudicavimus. Quo facto, crystalli gemini, qui vulgo tribus quidem modis diversis conformati inveniuntur, quomodo polis exerceantur, praedicere licet (XV. p. 54—63).

Crystallus simplex, non geminus, ad libellam suspensus, sola magnetismi terrestris actione dirigitur, ita ut veram acum magneticam repraesentet. Talis autem acus plerumque meridianum magneticum non petit. Nam quum angulus, linea media axium magneticorum et axe prismatis inclusus, circa 42^0 sit, ex arbitrio tuo acus declinationem quamlibet, sive occidentalem sive orientalem, 42 gradus non excedentem, indicabit.

23. Hae observationes etiam demonstrant, crystallum Cyanitem polaritatem suam magneticam chalybis instar retinere. Crystallos autem quam inter polos suspendissem, prius etiam, polaritate praeditos repperi; unde conclusi, crystallum polaritatem, quae magnete valde augetur, inductione magnetismi terrestris dum formaretur, adipisci. Hisce rationibus commotus, experimentis probavi, magnetismum etiam in crystallis formandis aliquid valere (IX). Bismuthum scilicet liquefactum, dum inter polos quam lentissime refrigeratur, talem structuram crystallinam nansciscitur, ut planum fissilitatis aequatoriale, axis principalis evadat axialis. Sed hic locus non est hac de re longius disserere. —

24. Respicientibus nobis disquisitiones huc usque prolatas atque generales conclusiones, quae ex illis deducantur, quaerentibus, sane confitendum est, multum abesse, ut quaestio ad finem perducta sit, quantoscunque progressus hoc quinquennio fecerit.

Si singula persecutus fueris, facile intelliges, quanta cura oporteat, observationes similes quidem, sed e variis principiis emanantes, disiungi, observationes autem ex uno fonte profluentes componi; nec negabis, summopere cavendum esse, ne e serie phaenomenorum nondum satis completa temere lex generalis statuatur. Attamen noli hanc ob causam nimis timidus esse; potest enim error in tempore detectus etiam prodesse, quum in ipso anquirendi studio saepissime ad novas perducamur veritates.

25. In magnetismi doctrina, sicut in omni physices disciplina singulae perscrutationis viae ad principalem illam quaestionem, quomodo corpora e particulis minimis composita sint, ducunt. Quam rem recentissime theoria luminis magnopere illustravit. In primis illud cognitum est, non licere, e proprietatibus opticis crystallorum dispositionem particularum minimarum, densitatem, elasticitatem directo derivare. Etenim celeritas luminis propagati etiam ex tempore pendet, quo particula aetheris oscillationem perficit. Unde insuper sequitur, situm axium opticorum ex eodem tempore pendere ideoque pro variis coloribus varium esse, ita ut illi axes cum axibus magneticis protinus comparari non possint. Si luminis motum soli aetheri tribuis, cuius elasticitas crystalli particulis mutatur, nonne inductionem magneticam ad has ipsas particulas referendam censes? Fortasse etiam aether, cuius ope actio magnetica in distantiam propagatur, hac in re alicuius momenti est. Sed quamdiu haec omnia ignoramus, nulla spes est, fore ut cuncta phaenomena memorabilia, de quibus hac in parte Commentationis disseruimus, theoria generali complecti possimus.

Forsitan propè est, ut nobis contingat hanc quaestionemolvere, quae sane non minoris ponderis est, quam Newtoniana lex attractionis universalis. Id si acciderit, non amplius incerti erimus de natura luminis, caloris, electricitatis, magnetismi. Interim nihil negligamus, quod tangit intimam constitutionem praecipue crystallorum, quorum esse videtur hanc rem illustrare. Iam enim

theoria admirabilis uno vinculo omnia illa phaenomena luminosa crystallorum comprehendens, connexum inter haec phaenomena et crystallorum structuram enucleavit. Vidimus crystallos etiam magnetica phaenomena nova, ac notabilia exhibere. Quae phaenomena quum idem valeant ac luminosa gravissima et dignissima habenda sunt, quae maxima cura perquirantur. Adhuc quidem summam illam quaestionem de intimò corporum structura impediunt et involvunt. Sed historia doctrinarum physicarum docet, eiusmodi quaestiones maxime obscuras et intricatas plerumque esse, donec simplici lege inventa solvantur ac tenebrae dissipentur.

De conditione magnetica gazorum.

26. Illustrissimus Faraday in gravissima commentatione, qua de universali corporum conditione magnetica agit, etiam corpora aëriiformia non omisit. Quae etsi tubulis inter polos suspensis inclusa examinavit, tamen magnete ea exerceri non vidit. Anno sequente quum eiusdem viri rationem persequerer, oppido miratus, quantula ferri portio magnete indicaretur, flammam alcoholi, sale ferrico tinctam, inter polos introducere institui, ut flamma magnete adtracta, ferrum cognoscerem. Diario meo tum haec verba inscripsi: „flamma certo non attrahitur, imo potius repellitur.“ Flammae repulsionem, non expectatam, magneti esse attribuendam me fugit, quamquam eam meis ipse oculis vidi. Bancalari igitur magnetis in flammis actionem detexit. Primus deinde Zantedeschi hasce observationes mense Octobri 1847 repetit, nihil autem quod ipsam quaestionis naturam attingeret, novi adiecit. Communicavit phaenomena cum Academia Parisiensi et cum Faraday.

27. Splendidissima illa phaenomena ex eo oriri, quod magnes etiam substantias aëriiformes exerceat, nemo non per se intelliget. Faraday igitur, flammis variis examinatis, statim gravissimam quaestionem magnetisimi gazorum aggressus est. Atque via, qua Fa-

raday hisce in experimentis processit, haec est. Gazum aëre gravius super polos, veluti liquorem graviolem in leviolem, effudit, infraque vasis, apte in plano aequatoriali dispositis, recepit. Gazum levius autem, quod inter polos ascendebat, super polos simili modo collegit. Facta chemica analysi eorum, quae vasa post magnetis actionem continebant, discernere potuit, utrum gazum polos fugeret, an adiret. Ita Faraday probavit, solum Oxygenium polos adire, omnia alia gaza autem eos fugere.

Ego etiam tum temporis gravitate commotus phaenomenorum, quae reverendo Bancalari debemus, quaestionem magnetismi gazorum aggressus sum. Examinavi flammam Hydrogenii, Sulfuris, Phosphori, Alcoholi, Olei terebynthini, candelarum e sebo, cera, stearino confectarum. Olei terebynthini autem flamma, apparatu convenienter disposito, splendissimum phaenomenon praebuit, dum fumus una cum flamma repulsus, in plano aequatoriali curvam parabolicam formans, ascendit. Deinde examinavi gaza colorata Chlorum et Acidum nitrosum atque vapores Iodi, Bromi, Hydrargyri, aquae. Quod ad gaza invisibilia spectat, methodum ab ea, quam Faraday secutus est, diversam adhibui. Quum scilicet variis gazis refringibilitas sit diversa, alterum altero circumdatum ita fit visibile, ut radios solares transire iubeas. Tum enim umbrae in papyrum album proiectae motum gazi circumdati ante oculos ponunt. Procedendi viam distincte descripsi una cum dispositione apparatus, qua demonstratur, aërem calefactum in aëre libero ascendentem polos fugere (III p. 578). Eodem vero tempore, de illustrissimi Faraday observationibus certior factus, non operae pretium esse censi novis experimentis ea confirmare, quae ad liquidum ab illo essent explorata.

28. Faraday quum primo corporum magnetismum perquiret, tubulum variis fluidis impletum ita inter polos suspendit, ut alio fluido magnetico circumdatum libere oscillare posset. Tali ratione exposuit, quantum fluidum circumfusum valeret ad mu-

tandam actionem, qua tubulus moveretur. Theoria mathematica quam hisce de rebus postea explicui, dilucide ostendit, adtractionem, qua corpus paramagneticum polis afficiatur, quippe quod medio aut paramagnetico aut diamagnetico circumdatum est, diminui aut augeri, ea scilicet quantitate, quae attractioni aut repulsioni medii illius partis, quae corpore remota sit, aequivaleat. Simili ratione repulsio corporis diamagnetici aut augetur aut diminuitur, si medio aut paramagnetico aut diamagnetico circumdatum est (XI).

29. Quae cum ita sint, ex supra enumeratis experimentis tantummodo concludi potest, Oxygenium primum locum tenere, si varia gaza ita disponas, ut omne, quod praecedat, aut magis paramagneticum aut minus diamagneticum sit, quam quod sequitur. Non autem discernendum est, omnia ne gaza sint paramagnetica, an omnia diamagnetica, an partim paramagnetica partim diamagnetica; neque in hoc ultimo genere confinium paramagneticorum et diamagneticorum gazorum indicare licet. E. Becquerel quidem de hac re non dubitandum esse putavit, quippe quod corpora diamagnetica omnino non essent; quo adductus est, ut vacuum magis esse paramagneticum statueret quam Bismuthum, et quidem eadem quantitate, qua nosmet ipsi diamagnetismum huius metalli metimur. Sed nos hanc sententiam non probavimus, imo potius quaestionem nondum solutam censuimus. Quapropter novam excogitavi rationem, quae tamen in errorem me induxit. Festinantius enim conclusi, quum phaenomena observata male interpretarer, aërem vase contentum magnete dilatari, diamagneticum igitur esse. Ipse hunc errorem retractavi; principium autem institutae a me methodi verum et certum erat. Gaza, dum inter polos aut diamagnetice aut paramagnetice inducuntur, simul aut dilatantur, aut comprimuntur. Sed postquam docui, quomodo Oxygenii magnetismus accuratissime metiendus esset, compressionem aëris, quam inde deducas, tam exiguam esse demonstravi, ut omnem oculorum aciem fugeret.

30. E. Becquerel principio illo, quod Faraday de mediis circumfusiis enuntiaverat (28), ad gazorum magnetismum cognoscendum ingeniose usus est. Carbonis cylindrum enim, Oxygenio circumdatum, more consueto inter polos suspendit, eumque, Oxygenio absorpto penetratum, directionem axialem petere vidit. Librum Coulombii ad Oxygenii magnetismum specificum metiendum adhibuit.

31. Equidem non iam dubitavi inductionem paramagneticam Oxygenii statuere, praesertim quum ipse observaverim, modo mox explicando (34), eadem plane ratione, qua maior quantitas oxygenii a carbone pulverato absorberetur, magnetis actionem augeri. Talia experimenta frequentius et accuratius instituire maxime mihi ex re esse videtur. Quantum enim magnetismi copiam inveniri censes, si pulvisculum Platinae sphaerae vitreae imponatur et Oxygenio imbuatur? Nempe constat, hoc modo Oxygenium in minorem quam centesimam voluminis partem cogi. Aliquot grammatis opus esset, ut, magnete nostro adhibito, Oxygenii adtractionem vinceret.

32. Illustrissimi Faraday erat, nulla admissa hypothese, naturam magneticam gazorum demonstrare. Duas scilicet sphaeras aequales in extrema parte baculi suspendit, qui media sua parte extremitati vectis perpendiculariter affixus et pondere aequilibratus, filo librae Coulombianae ferebatur. Apparatum ita disposuit, ut duae illae sphaerae utrimque a polis aequae distantes libere secundum lineam aequatorialem moveri possent. Sphaeras ambas, aut vacuas aut aëre impletas, non moveri vidit; postquam autem in alteram Oxygenium, in alteram aërem aut quodlibet gazum intulit, illam polos adire, hanc fugere observavit. Idem accidit, quum hanc sphaeram vacuum adhibebat; unde actionem, quam observaverat, ad adtractionem Oxygenii referendam esse recte censuit. Hoc modo conditiones magneticas singulorum gazorum determinare et inter se comparare licuit. Magnetismum Oxygenii multo validiorem obtinuit quam ceterorum gazorum; quae, nisi Oxygenium mecha-

nice immixtum continerent, magnete non distincte exerceri observavit.

33. Quis magnetismum Oxygenii detexerit, patet ex iis, quae huc usque exposuimus. Nimirum Bancalari, primus flammam repulsam vidit, sed rationem ignoravit; nam fugerat eum, repulsionis illius hanc esse causam, quod aër ob Oxygenium contentum magnete adtraheretur. Experimenta exeunte anno 1847 et ineunte sequente a Faraday et a me ipso instituta nihil nisi differentiam actionis indicant, qua duo quaelibet gaza exercentur, non autem magnetismum specificum exhibent singulorum gazorum, immo ne certo quidem modo naturam aut paramagneticam aut diamagneticam probant. Itaque experimentis demum E. Becquerel magnetismum Oxygenii deduxit, medii circumfusi lege adhibita. Nulla autem hypothesi praemissa, Faraday eum patèfecit. At venerando Zantedeschi, qui magnetismum Oxygenii a se detectum esse vult, nullo modo assentior. Negari quidem non potest, indefessum illum naturae scrutatorem iam anno 1848 Oxygenium reliquis corporibus paramagneticis praeposuisse, sed nullo experimento nulloque argumento opinionem suam fulcivit. Non prius quam anno 1852 in libello suo *Memorie di fisica* Oxygenii magnetismum ex eo derivavit, quod saepissime corpus per se diamagneticum fieret paramagneticum, si cum Oxygenio chemice coniungeretur. In exemplo, cuius mentionem fecit, rem non confirmatam inveni. Nempe ille Acidum stibiosum (SbO_4) dixit esse diamagneticum, Acidum stibicum (SbO_3) autem ob maiorem quantitatem Oxygenii paramagneticum. Nos vero ambo acida, quorum stibiosum e stibico, solo calore adhibito, praeparavimus, diamagnetice quidem, sed non eadem vi induci reperimus; prodiit nobis scilicet pro magnetismo specifico Acidi stibiosi numerus 0,00010, Acidi stibici 0,00009, ita ut huius acidi inductio diamagnetica Oxygenio adiecto debilitata quidem sit, non autem in paramagneticam transformata. Sed ponamus observationes, quas dixi, recte se habuisse, tamen ipsum, quo reveren-

us vir usus est, argumentum nihil valet. Quod quo certius intelligatur, sufficiat Oxygenio compositionum cum Nitrogenio mentionem facere (37). Eodem libello Zantedeschi primo methodum exposuit a se in examinanda gazorum natura magnetica adhibitam: quae methodus ab illa nullo modo discrepat, quam ipse quatuor annos ante excogitavi ac descripsi (27).

34. Sed ad rem redeamus. Quum novae a Faraday indicationis successum cognossem, ad libram reverti, qua iam antea in magnetismo specifico corporum fluidorum et solidorum metiendo felicissime usus eram. Quod exspectaveram, plane confirmatum est. Ut enim librae ope pondus gazorum terminare solemus, ita hodie, illa adiutrice, etiam magnetismum specificum gazorum metiri licet. Qua processimus via, eam in commentatione (XVI) fusius explicatam invenies. Libra usi sumus e vitro confecta, quae decimam partem milligrammatis perspicue indicavit. In libra suspendebatur sphaera vitrea, epistomio munita, cuius ope et vacuum eam servare et gazum includere licuit. Quae sphaera, quamquam tenuissima, tamen duplici pressioni atmosphaericae resistere potuit, ita ut gazum triplo densius quam sub pressione ordinaria in eam inducere liceret. Pressione ordinaria autem Oxygenium ea contentum ponderis 0,0560 gr. erat. Prospere evenit, ut sphaera vacua nullo modo magnete nostro exerceatur, quod eo accidit, ut magnetismus vitri, e quo confecta erat, magnetismo aëris, qua circumdabatur exacte compensaretur. Ita fieri non potuit, quin magnetismus, quem observaveram, sphaera aliquo gazo impleta, huic soli gazo tribuerem. Quum sphaerae Oxygenium, sive compressum sive dilatatum, induxissem sex Grovianis elementis adhibitis, magneticam attractionem inveni, quae circiter tertiae parti ponderis Oxygenii aequivalebat. Ita probavi, magnetismum eadem ratione accrescere, qua Oxygenium comprimeretur.

35. Quum eodem modo examinarem Nitrogenium, Chlorum, Cyanum, Oxydum carbonicum, Acidum carbonicum, Oxydulum

nitricum, Aetheris sulfurici vapores, nulla vestigia conditionis paramagneticae aut diamagneticae, ne compresso quidem statu, observavi. Certo si magnetismus aderat, centesimam partem Oxygenii non attigit. Repulsio perexigua obtinebatur, si sphaera vel Hydrogenium vel Hydroidum (quod postea examinavimus) continebat; hinc gaza ista diamagnetica censeas. Aër et gaza cum Oxygenio mixta, si de approximatione tantum agitur, eadem ratione, qua illud continent, magnetica reperiuntur, nihilominus tamen parvas differentias semper invenimus, ut magnetismus observatus maior prodiret, quam calculo, ratione compositionis gazorum habita, derivaretur. Insuper ubique observavimus et gazorum cum Oxygenio mixtorum attractionem magneticam eadem ratione augeri, qua comprimerentur.

36. Uti corporum solidorum, ita etiam Oxygenii et aeris magnetismum, temperatura crescente, diminui Faraday putavit. Eadem sententia etiam mihi saepius attributa est, sed nullo iure. Ab initio enim quum Oxygenii et aëris calefacti minorem magnetismum praecipue dilatationi deberi viderem, hanc quaestionem intactam reliqui. Si de magnis temperaturae incrementis agitur, difficillimum est, eam modo certo solvere. Inter fines angustiores autem magnetismum Oxygenii e temperatura notabili modo non pendere, obiter ita probavi, ut examinarem sphaeram nostram, Oxygenium compressum continentem, et dum temperatura eius erat circa 24°C , et postquam aliquot gradibus infra punctum glaciale descendit.

37. Omnium gazorum quae examinentur, dignissima ea sunt, quae e compositione chemica Oxygenii et Nitrogenii oriuntur (XVIII). Mirum videatur, magnetismi indicia omnino nos fugere, si Oxygenium cum Nitrogenio ita componatur, ut Oxydulum no inde prodeat. Pari modo nec Oxydulum nec Acidum carbonicum minima magnetismi vestigia praebuerant. Non expectabam igitur, Oxydum nitricum NO_2 magnetice exerceri, sed nihilominus id valde paramagneticum inveni. Magnetismus ipsius Oxydi eum fere attigit magnetis-

mum, quem obtineres, si Oxygenium et Nitrogenium, quae illud constituunt, non chemice composuisset, sed tantummodo miscuisses. Quam compositionem maior copia Oxygenii magneticam reddidit. Iam si in sphaeram nostram Oxydum nitricum continentem gradatim certas quantitates Oxygenii infers, gazum primitivum, dum coloratur, in Acidum nitrosum NO_2 transformatur, quo constat salia effici posse. Quod Acidum, aucta Oxygenii quantitate, rursus in Acidum hyponitricum NO , transit. Pro ratione illati Oxygenii magnetismus gazorum, quae sphaera continet, gradatim diminuitur, ita ut, si volumina aequalia spectas, magnetismus Acidi nitrosi fere quartam partem magnetismi Oxydi amiserit; magnetismus omnino evanescit, si quantitas inducti Oxygenii tanta est, ut Acidum hyponitricum formetur, rursus autem apparet, si nova portio Oxygenii accedit. Eius intensitas hac sola portione Oxygenii addita, quod cum Acido illo mixtum consideres licet, deduci potest. Si in sphaeram Oxygenium continentem gradatim Oxydum nitricum infers, contraria via ad eundem finem pervenies. Animadvertamus denique, Acidum nitricum NO_3 , Oxygenio uberrimum, diamagneticum esse, quales etiam habendi sunt eius vapores, etiamsi propter tenuitatem eorum repulsionem demonstrare non licet.

Ex iis, igitur, quae modo exposuimus, sequitur, de naturae compositionis chemicae Oxygenii et alius gazi nihil certi praedici posse.

38. Consideranti mihi, quam certa et accurata esset nostra magnetismi metiendi methodus, persuasum fuit, eadem via datam esse magnetismum Oxygenii cum magnetismo ferri comparandi copiam. Itaque in sphaeram nostram gazum, deinde solutionem Chloreti ferrici intuli et, adtractione utrobique determinata, Oxygenii magnetismum cum magnetismo solutionis comparavi. Tum vas apte formatum eadem illa solutione et pulvisculo ferrico cum sebo et cera mixto implevi, ut similiter solutionis magnetismum cum Ferri magnetismo compararem. Quumque in eodem vase Ferri et

Oxygenii magnetismum comparare non licuisset, e duplice illa computatione Oxygenii magnetismum specificum deduxi. Numerum inveni:

0,003500

ei quem Faraday approximatione invenit satis respondentem. E. Becquerel obtinuit numerum decies fere minorem: 0,000377.

Recentissime in commentatione (XX) iam supra memorata probavi, variorum corporum magnetismum specificum e magnetis inducentis intensitate pendere. Unde sequitur, ut numerus noster certae magnetis intensitati adhibitae respondeat et in computando magnetismo specifico novae ineantur rationes.

39. Notissimum est, magnetismum Chalybis indurati a magnetismo Ferri eo distingui, quod chalybs difficilior magneticus fiat, magnetismo autem imbutus validius eum retineat. Miraberis fortasse, si doceo, Oxygenium et alia gaza magis magnetica, quorum particulae facillime moveri possint, sese ut chalybem induratum, non autem ut ferrum, habere. Sed observationibus haec res comprobata est. Etenim sphaera nostra Oxygenium continens, in libra suspensa et super polos aequilibrata, Electromagnetis nostri magnetismo sex elementis Grovianis excitato, adtrahitur, et pondere 0,00200 gr. opus est, ut a polis removeatur. Pondere autem circiter 0,0170 gr. adhibito, si subito polaritatem commutaveris, sphaera, quae huc usque polis imposita erat, eos fugit, certa tamen distantia consistit et denique ad polos redit. Hoc modo ea quinquies sexiesve oscillabit, polis iusto tempore iterum et iterum commutatis. Experimentum etiam variare poteris, ubi sphaeram adtractam commutatione facta polis ita repelli iusseris, ut ad eos non redeat. Quomodo autem haec phaenomena explicari posse existimas, nisi Oxygenium polaritatem, quam ab initio, ipso Electromagnete inducente, nactum sit, non subito amittere statuas? Sed haec hactenus.

Scrib. mens. Iun. a. 1854.

Commentationes supra citatae.

I. Ueber die Abstossung der optischen Axen der Krystalle durch die Pole der Magnete. 25. Jul. 1847. Pogg. Ann. B. LXXII. S. 315—343.

II. Ueber das Verhältniss zwischen Magnetismus und Diamagnetismus. 8. Sept. 1847. B. LXXII. S. 343—350.

III. Experimental-Untersuchungen über die Wirkung der Magnete auf gasförmige und tropfbare Flüssigkeiten. 21. und 32. Jan. 1848. B. LXXIII. S. 549—581.

IV. Ueber ein einfaches Mittel den Diamagnetismus schwingender Körper zu verstärken. Diamagnetische Polarität. 21. Febr. 1848. B. LXXIII. S. 613—618.

V. Ueber Intensitäts-Bestimmung der magnetischen und diamagnetischen Kräfte. 1. Juli 1848. B. LXXIV. S. 321—379.

VI. Ueber das Verhalten des abgekühlten Glases zwischen den Magnetpolen. 10. Juli 1848. B. LXXIV. S. 108—110.

VII. Ueber das Gesetz, nach welchem der Magnetismus von der Temperatur abhängig ist. 25. Juli 1848. B. LXXIV. S. 178—189.

VIII. Ueber die verschiedene Zunahme der magnetischen Anziehung und diamagnetischen Abstossung bei zunehmender Kraft des Electramagneten. 1. Oct. 1848. B. LXXV. S. 413—419.

IX. Ueber die neue Wirkung der Magnete auf einige Krystalle, die eine vorherrschende Spaltungsfläche besitzen. Einfluss des Magnetismus auf Krystallbildung. 27. März 1849. B. LXXVI. S. 576—586.

X. On the magnetic relations of the positive and negative optic axes of Crystals. By Prof. Plücker communicated by Dr. Faraday. 29. Mai 1849. Philosophical Magazine June p. 450.

XI. Ueber den Einfluss der Umgebung eines Körpers auf die Anziehung oder Abstossung, die er durch einen Magneten erfährt. 28. Juni 1849. Pogg. Ann. B. LXXVII. S. 575—586.

XII. Ueber die Fesselsche Wellenmaschine, den neuen Boutignyschen Versuch und das Ergebniss fortgesetzter Beobachtungen in Betreff des Verhaltens krystallisirter Substanzen gegen den Magnetismus. 25. Nov. 1849. B. LXXVIII. S. 421—433.

XIII. Ueber die Theorie des Diamagnetismus, die Erklärung des Ueberganges magnetischen Verhaltens in diamagnetisches und mathematische Begründung der bei Krystallen beobachteten Erscheinungen. (An die Haarlemer Societät eingesendet im Dec. 1849, an Herrn Poggendorff im April 1852. B. LXXXVI. S. 1—34.)

XIV., XV. Ueber die magnetischen Axen der Krystalle und ihre Beziehung zur Krystallform und den optischen Axen. Von Pluecker und Beer. 28. Aug. und 1. Dec. 1850. Pogg. Ann. B. LXXXI. S. 115—162, B. LXXXII. S. 42—74.

XVI. Ueber das magnetische Verhalten der Gase. 23. Apr. 1851. B. LXXXIII. S. 87—108.

XVII. Numerische Vergleichung des Magnetismus des Sauerstoffgases und des Magnetismus des Eisens. 30. April 1851. B. LXXXIII. S. 108—114.

XVIII. Ueber die magnetische Polarität und die Coercitivkraft der Gase. 29. Mai 1851. B. LXXXIII. S. 299—302.

XIX. Ueber das magnetische Verhalten der Gase. Zweite Mittheilung. 12. August 1851. B. LXXXIV. S. 162—180.

XX. Ueber das Gesetz der Induction der paramagnetischen und diamagnetischen Substanzen. 21. Oct. 1853. B. XCI. S. 1—56.

Iam vero ad officii mei partem alteram me converto. Indicenda enim sunt sollemnia quibus **AUGUSTISSIMI REGIS DIVI FRIDERICI GUILIELMI III.** conditoris universitatis nostrae atque fautoris munificentissimi pia memoria celebrabitur. Pietatis interpres erit **FRIDERICUS RITSCHL**, eloquentiae professor, qui, oratione habita, litterarum etiam certamina quem eventum habuerint publice declarabit victorum nomina renuntiabit atque nova novis certaminibus argumenta proponet. Quibus sollemnibus ut prompto lubentique animo intersint, **RECTORIS MAGNIFICI ILLUSTRISQUE SENATUS ACADEMICI** nomine professores doctoresque amplissimos clarissimos, commilitones ornatissimos, magistratus cum regios tum urbicos spectatissimos et quicunque rebus nostris artiumque et litterarum studiis bene volunt, qua par est observantia, rogamus invitamus. Q. D. B. V.

SACRAM MEMORIAM
REGIS AVGVSTISSIMI
DIVI
FRIDERICI GVILELMI III.

VNIVERSITATIS FRIDERICIAE GVILELMIAE
RHENANAE

CONDITORIS MVNIFICENTISSIMI

AB EADEM VNIVERSITATE DIE III. MENSIS AVGVSTI ANNI MDCCCLIV

HORA XI

PIE RECOLENDAM

VICTORYMQVE RENVNCIATIONEM E LITTERARVM CERTAMINIBVS PRODEVNTIVM

LEGITIME INDICIT

IVLIVS PLVECKER

ORDINIS PHILOSOPHORVM H. A. DECANVS.

BONNAE

FORMIS CAROLI GEORGII.